第26卷 第2期
1988年4月

古脊椎动物学报
VERTEBRATA PALASIATICA

pp. 107—115
fig. 1, pl. I—II

湖北安陆新的恐龙蛋类型的发现及其意义

赵资奎
(中国科学院古脊椎动物与古人类研究所)

黎作骢[1)]
(国家海洋局南海分局)

关键词 湖北安陆 晚白垩世 恐龙蛋

内容提要

本文记述的恐龙蛋化石标本,采自湖北省江汉盆地公安寨组下部。蛋化石保存完好。在普通光学显微镜和扫描电镜下观察,蛋壳的显微结构完整,清晰可见。

根据钙质蛋壳基本结构单位的形态及排列特征,笔者建立了一新属,新种——*Dendroolithus wangdianensis* gen. et sp. nov.,代表恐龙蛋类一个新科——Dendroolithidae fam. nov.。

此外,残存的卵壳膜纤维化石的发现,将为进一步研究恐龙蛋卵壳膜的结构和氨基酸组成提供宝贵材料。

1981年,湖北省安陆县河水镇王店村的农民在挖房基地时,发现了两个地点的恐龙蛋化石共24枚。经安陆县文化馆及湖北省区测队有关同志和本文作者之一(黎作骢)前往现场进行调查,找回了其中的10枚标本,并在原出产化石的一个地点中采到了另一枚保存完好的蛋化石。根据野外地质观察,证实蛋化石产于公安寨组下部层位中。

湖北地区恐龙蛋化石已有多处发现,这次我们所调查、收集的蛋化石是近年来发现的新恐龙蛋类型的重要代表。这些化石的显微结构特殊,年代较早,从而为我国南方红层白垩纪地层的划分和对比以及恐龙蛋的系统演化关系等方面的探讨提供了重要资料。

一、标本的处理方法

在我们收集的11个蛋化石中,除了作一般的形态观察和测量外,有关显微结构的研究是根据具体情况,从每个蛋化石取2—4个样品,用普通的磨片方法把样品切割并磨成垂直于蛋壳表面(径切面)和大致平行于蛋壳表面(弦切面)的镜检标本。薄片厚度约40—70微米。然后在偏光显微镜下观察和测量。

用于扫描电镜观察的样品是按不同方位将它们切割成小块。切面磨平、抛光,清洗干净,在实体显微镜下检查至无机械擦痕为止。然后用5% 盐酸蚀刻样品抛光面约10—30

1) 原在湖北省区测队工作。

秒钟，再冲洗干净。烘干后在高真空装置中用黄金喷镀(约 300 埃)在 JSM-T200-2 型扫描电镜 (15—20KV 加速电压)下进行观察。

二、标 本 记 述

树枝蛋科(新科) (Dendroolithidae fam. nov.)

树枝蛋属(新属) (*Dendroolithus* gen. nov.)

科和属鉴别特征 见代表种王店树枝蛋。

王店树枝蛋(新种) (*Dendroolithus wangdianensis* sp. nov.)

(图版 I—II; 图 1)

正型标本 6 个比较完整的蛋化石，湖北区测队标本编号: A_1, A_2, A_3, A_5, A_9 和 A_{10}。

副型标本 4 个较完整的及 1 个残破的蛋化石。湖北区测队标本编号: A_4, A_6, A_7, A_8 和 A_{11}。

地点和层位 湖北省安陆县河水镇王店以西 3.5 公里叶家冲。上白垩统公安寨组下部。

化石描述 根据现场观察和蛋化石发现者提供的情况，两处蛋化石地点相距约 5 米。蛋化石在蛋窝中无规则排列。由于受人工的破坏，我们没法肯定，在所收集的 11 个蛋化石中，那些是属于同一窝的。但是根据这些蛋化石的形态，大小以及蛋壳显微结构的相似性，完全可以肯定，这两窝蛋都是由同一类未知的恐龙产的。

蛋化石有一面比较圆突，另一面略为扁平。粗看上去很像馒头形状。 这可能是它们在埋藏过程中受到外部压力造成的。从其大小测量的数据来看 (表 1)，化石蛋的长径变异范围在 145—162 毫米之间，最大横径变异范围在 110—130 毫米之间，蛋的形状指数平均为 78.1。这就可以看出，这些化石蛋原来并不完全是圆形的。但是仔细观察，这些标本还是有一端较圆钝，另一端略尖。因此它们原来的形状应为卵圆形。

蛋壳呈浅棕色，外表面没有任何纹饰结构。蛋壳厚度在 1.70—2.10 毫米之间。 在普通光学显微镜和扫描电镜下观察，这些标本具有如下结构:

1. 残存的卵壳膜纤维

在扫描电镜下观察，一般都显示出在钙质蛋壳的内表面或多或少粘附着一些卵壳膜纤维(图版 I, 2, 3; 图版 II, 2)。 这些石化了的有机质纤维呈圆条状或条带状，直径约 6—20 微米，表面比较光滑。 它们一般都是由一些更细的纤维融合或互相盘绕，并由一层有机质的外套膜包裹而成的(图版 II, 2)。在某些情况下，还可以见到一些更细的纤维，其直径约 1.5—2 微米，它们与粗纤维相连，并彼此交错成网状结构(图版 I, 2)。

2. 钙质蛋壳显微结构

钙质蛋壳由里向外可分为锥体层和柱状层，但两层之间无明显分界。

锥体层厚度大约为 0.5—0.6 毫米，约占整个钙质蛋壳厚度的 1/3，由具有不完整的球形方解石晶体——锥体组成。在径切面和弦切面中，这些锥体呈不规则形状，它们的基部向内面凸出。在这个部位上可以见到晶体生长中心——乳突中心(图版 II, 1;图 1)。 方解

表 1　蛋化石大小测量

编　号	长径（mm）	最大横径（mm）	形状指数(%)
A_1	145	118	80.1
A_2	149	116	77.8
A_3	155	123	79.3
A_4	149	126	84.5
A_5	146	111	76.0
A_6	156	110	70.5
A_7	156	113	72.4
A_8	145	121	83.4
A_9	149	115	77.2
A_{10}	162	130	80.2
A_{11}	148	—	—

石微晶从这里向外呈放射状排列。如果观察通过乳突中心的弦切面薄片标本，在正交偏光镜下，呈放射状十字消光。由于锥体形状不规则，排列又很疏松，因此锥体之间显示出较大的、不规则的腔隙。

柱状层厚约 1.2—1.5 毫米。径切面中，可以见到每个柱状体象树枝生长一样，从与其相连的不规则形的锥体向外延伸至蛋壳外表面。因此，每个柱状体一般有 2—3 个分枝。各柱状体之间，只有在近外表面约 0.5—0.7 毫米处两侧互相融合(图版 II，1；图 1)。

分枝状的柱状体由方解石微晶组成，有比较发育的棱面形解理。这些晶体从呈放射状的锥体逐渐向外过渡，到与蛋壳表面成垂直方向的柱状排列，一般具有较明显的，几乎与蛋壳表面平行的生长增长纹。在正交偏光镜下，往往可以看出柱状体中方解石晶体的消光位和它相连的不规则形锥体的是一致的，转动镜台时，呈不均一波状消光。

由于柱状体呈分枝状，在柱状层中，也相应地形成了很多分枝状的，不规则形的腔隙。它们与锥体间隙组成一个复杂的通气孔道(图版 II，1；图 1)。这些通气孔道现在完全为次生方解石充填。

表 2　气孔大小测量(单位：mm)

编　号	蛋壳中部和靠近内表面处	近蛋壳外表面处
A_1	0.06—0.30	0.04—0.12
A_2	0.08—0.38	0.08，0.10
A_3	0.06—0.36	
A_4	0.10—0.32	0.06—0.10
A_5	0.06—0.40	0.08，0.12
A_6	0.06—0.30	0.06—0.10
A_7	0.04—0.36	0.04—0.12
A_8		
A_9	0.04—0.32	0.08，0.10
A_{10}	0.06—0.30	0.08，0.14
A_{11}	0.06—0.34	0.08，0.12

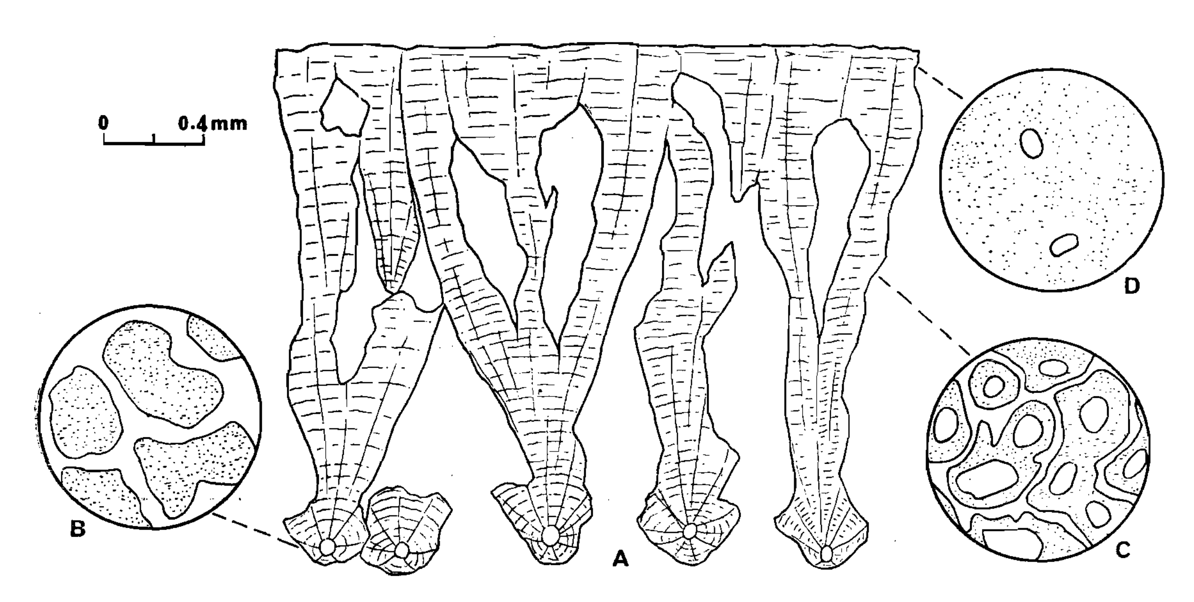


图 1 王店树枝蛋蛋壳显微结构

A. 径切面； B. 近内表面处弦切面； C. 中部弦切面； D. 近外表面处弦切面

根据对径切面和不同水平弦切面的观察，气孔道的形状和大小没有一定的规则，单位面积的气孔数在不同的弦切面中也显示出很大的差别(图版 II, 1; 图 1; 表 2、表 3)。在靠近蛋壳外表面处，气孔一般近乎椭圆形，孔径变异范围在 0.04—0.14 毫米之间；每平方毫米大约有 1—4 个气孔。在蛋壳中部和靠近内表面处，气孔道横切面为不规则形，椭圆形或近乎圆形。从弦切面观察，气孔和气孔壁组成网状结构。但是，由于相邻的气孔道一般在这一部位互相交通，有的气孔壁看来就像是被分割而成为不规则的块状体(图 1,B、C)。根据对那些较规则形状的气孔的测量，这一部位气孔孔径变异范围在 0.04—0.40 毫米之间，每平方毫米大约分布有 8—32 个气孔。

从上述气孔道分布的特征看来，在蛋壳中部的气孔道中，它们绝大多数并不是直接与外部相通的。这种结构可以较有效地防止蛋内水分过多的蒸发。

表 3 单位面积气孔数(单位: 个/mm²)

编号	蛋壳中部	近蛋壳外表面处
A_1	10—30	2
A_2	14—28	1
A_3	12—29	
A_4	11—29	3
A_5	14—20	1
A_6	8—30	2
A_7	12—28	4
A_8		
A_9	11—32	1
A_{10}	10—28	1
A_{11}	8—30	1

三、鉴定与讨论

1. 关于王店树枝蛋在恐龙蛋分类系统中的地位

根据以上的描述，本文研究的湖北安陆出产的蛋化石的形态特征可以归纳如下：蛋化石为卵圆形，其长径平均为 150.9 毫米，最大横径平均为 118.3 毫米，蛋的形状指数为 78.1。蛋壳由不规则形的锥体和树枝状的柱状体组成，在靠近蛋壳外表面处，各柱状体两侧互相融合。气孔道呈分枝状，它们在蛋壳中部特别发育，但在近外表面处，气孔数量急剧减少。这些特征同现在已知的长形蛋科 (Elongatoolithidae)，圆形蛋科 (Spheroolithidae) 以及蜂窝蛋科 (Faveoloolithidae) 相比较，差别非常显著。在长形蛋科和圆形蛋科中，蛋壳基本结构单位的模式，即锥体和柱状体的结构及其排列方式与鸟类的相似；蜂窝蛋科的蛋壳，其基本结构单位形状很不规则，排列疏松，气孔道特别发育。因此，应当把本文研究的标本同这些已知的分类类群区别开来。根据赵资奎 (1975，1979) 提出的恐龙蛋分类系统及其分类原则，我们认为湖北安陆的蛋化石不仅代表恐龙蛋一新的种属，而且应当单独成立为一新的科。由于其蛋壳的基本结构单位呈树枝状，故命名为王店树枝蛋 (*Dendroolithus wangdianensis* gen. et sp. nov.)。种名表示化石产地的地名。

我国的恐龙蛋非常丰富，分布很广。目前它的分类体系正在逐步建立，考虑到科以上较高的分类等级需要在进一步综合的基础上来讨论，因此本文只把它确定到科。

从蛋壳的结构与功能来看，根据现有的资料，进步类型的恐龙蛋具有完整的基本结构单位，和鸟类的相似。树枝蛋蛋壳的基本结构单位不完整，可以认为这是一种原始的结构特征。但是在靠近蛋壳外表面处，各个柱状体的两侧互相融合，气孔道系统虽然很发育，形状也很不规则，但是绝大多数的气孔并不与外部相通，能较有效地防止蛋内水份过多地蒸发，因此，即使在较为干燥的环境条件下，也能保持胚胎发育所需的水份。从这一意义上可以说树枝蛋处于恐龙蛋演化历史的一个中间阶段。

值得提出的是在我们所研究的湖北安陆出产的蛋化石中，还保存有石化了的卵壳膜纤维。这是一种罕见现象。1970 年，Erben 在扫描电镜下首次观察到法国恐龙蛋中残存的卵壳膜纤维化石的形态。稍后，Kolesnikov 和 Sochava (1972) 也报告了在蒙古发现的恐龙蛋(蜂窝蛋)保存有较完整的，石化了的卵壳膜，其厚度可达 0.24 毫米。

在现生鸟类中，不同种的卵壳膜纤维，其大小是有一定差别的 (Becking, 1975)，而且从生物化学的角度来看，卵壳膜是属于一种"类角蛋白"的蛋白质。根据 Krampitz 等 (1972) 的报告，卵壳膜的氨基酸组成图式最显著的特点之一，就是胱氨酸含量很高。在龟鳖类中，这种氨基酸的含量最高，然而由鳄类至鸟类，这种氨基酸的含量逐步下降。这种特征，也许与卵壳膜的演化过程有关。

有趣的是最近在吉林省出产的恐龙蛋中，根据初步的观察，也发现了保存有比较完整的卵壳膜化石(正在研究中)。因此，随着新技术和新方法在这方面的应用，对于恐龙蛋的结构，功能，分类和演化等方面的问题，将会给我们提供更多新的认识。

2. 关于含王店树枝蛋地层的年代问题

王店树枝蛋发现于湖北省江汉盆地东部云应凹陷北缘安陆县境内，其层位相当于同一向斜内向东约 8 公里的安陆县柳家冲剖面的上白垩统公安寨组下部。剖面列举如下：

上白垩统　厚度 >516.40 米。

公安寨组　厚度 >219.11 米。

13. 紫红色薄层具灰绿色钙质斑块之泥质粉砂岩，其底部具一层紫色厚层砂岩。 >39.27 米

12. 上部暗灰红色薄层细砂岩、夹棕红色泥质粉砂岩；下部暗红色薄层砂岩夹厚层细砂岩。 88.02 米

11. 上部黄色长石石英砂岩；中部暗灰红色薄层细砂岩夹紫红色泥质粉砂岩；下部暗紫色细砾岩。 17.23 米

10. 上部紫红色泥质粉砂岩，暗红色薄至中厚层细砂岩；下部砖红色中至厚层细砂岩夹粉砂岩，其中产王店树枝蛋（*Dendroolithus wangdianensis*）；底部砾岩及砂砾岩，其中夹一层黄色长石砂岩。 51.91 米

9. 上部砖红色薄层含砂质结核粉砂岩；下部灰紫色细砾岩夹粉砂岩、含砾砂岩。 22.68 米

——— 整　合 ———

何家坡组　厚度 307.29 米

8. 紫红色薄层泥质粉砂岩夹厚层砂岩。 47.89 米

7. 暗灰红色薄层细砂岩与紫红色泥质粉砂岩互层。 97.25 米

6. 上部为灰紫色细砾岩与中厚层砂岩互层；下部浅灰紫色中厚层细砾岩。 22.20 米

5. 上部灰紫色细砾岩与含砾砂岩互层；下部灰紫色中砾岩与细砾岩不等厚互层。 31.75 米

4. 上部砖红色中厚层细砾岩；下部灰紫色厚层中至细砾岩。 12.83 米

3. 上部砖红色细砾岩；下部灰紫色厚层粗砾岩。 21.87 米

2. 上部紫红色页岩与粉砂岩互层；中部砖红色中厚层粉砂质泥岩；下部暗红色及砖红色钙质结核砂岩夹黄绿色页岩，其中含脊椎动物化石有：鸟脚类(Ornithopoda)，鳄类(Crocodilia)，鳞齿鱼（*Lepidotes* sp.）；介形虫有：*Cyprois guangzhouensis*, *Cypridea* (*Cypridea*) *cavernosa*, *Cyprinotus inflatus*, *Clinocypris* cf. *longulata*, *Darwinula* sp., *Mongolianelle* sp., *Eucypris* sp.；轮藻有：*Gyrogona hubeiensis*, *Obtusochara* sp., *Peckichara* sp., *Sphaerium*? sp. 等。 27.63 米

1. 灰紫色中厚层砾岩夹砂砾岩。 46.32 米

～～～ 角度不整合 ～～～

下伏地层：下寒武统

从上述剖面可以看出，何家坡组下部第 2 层所含化石较丰富。据宜昌地质矿产研究所雷奕振的鉴定，剖面上发现的鸟脚类肢骨及趾骨，与晚白垩世的鸭嘴龙类十分相近，但种属无法鉴定。介形虫类以含 *Cypridea-Cyprois-Clinocypris* 组合为特征，其中 *Cypridea* (*Cypridea*) *cavernosa* 在国内外都是晚白垩世标准分子之一。轮藻化石以含 *Porochara-Latochara-Obtusochara* 植物群落为特征。综观上述化石组合的性质，何家坡组的时代被认为相当于晚白垩世早期(雷奕振，张振来等，1979)。

在安陆县柳家冲剖面上，公安寨组由于第四系的覆盖，未出露至顶。但在安陆县林家湾和安陆县火车站南面一带，测制有层位高于柳家冲第 13 层的剖面(公安寨组中、上部)，其中含有介形虫：*Cristocypridea* sp., *Cyprois guanzhouensis* 等；轮藻有：*Porochara anluensis*, *Porochara sphaerica* 等。其时代被认为属于晚白垩世中晚期。

从上述轮藻、介形类化石组合的特征分析，公安寨组下部含王店树枝蛋的层位，位于晚白垩世早期的何家坡组之上，晚白垩世中晚期的公安寨组中、上部之下。但是，正如上面所述，王店树枝蛋具有很多原始的性质，是恐龙蛋演化的中间阶段。这类蛋在山东王氏群和广东南雄组中从未发现过。王氏群和南雄组所有的恐龙蛋都是进步类型的代表。根据目前的认识，它们的年代为晚白垩世中期至晚期。那么，含王店树枝蛋的公安寨组的时代应当比王氏群和南雄组的为早。根据目前的初步观察，树枝蛋在河南省南阳地区也有发现，其时代为早白垩世。因此，树枝蛋的年代有可能是早白垩世至晚白垩世早期。考虑到上述轮藻、介形类化石组合特征，我们认为含王店树枝蛋的公安寨组时代以归于晚白垩世早期为宜。

在完成本文过程中，得到湖北区测队周高志，张作仁，周镇雄，罗贤材等同志的大力协助；中国科学院古脊椎动物与古人类研究所王哲夫和张文定同志协助摄制照片，沈文龙同志绘制插图。笔者在此一并致谢。

（1987 年 10 月 7 日收稿）

参　考　文　献

赵资奎、蒋元凯 (Chao, T. K. and Chiang, Y. K.), 1974: Microscopic studies on the dinosaurian egg-shells from Laiyang, Shantung Province. *Scientia Sinica*, **17**(1), 73—90.

赵资奎，1975：广东南雄恐龙蛋化石的显微结构 (I)——兼论恐龙蛋化石的分类问题。古脊椎动物与古人类，**13**(2)，105—117。

赵资奎、丁尚仁，1976：宁夏阿拉善左旗恐龙蛋化石的发现及其意义。古脊椎动物与古人类，**14**(1)，42—44。

赵资奎，1979a：我国恐龙蛋研究的进展。华南中、新生代红层论文集，330—340，科学出版社。

赵资奎，1979b：河南内乡新的恐龙蛋类型和恐龙脚印化石的发现及其意义。古脊椎动物与古人类，**17**(4)，304—309。

Becking, J. H., 1975: The ultrastructure of the avian eggshell. *Ibis*, 117, 143—151.

Erben, H. K., 1970: Ultrastrukturen und Mineralisation rezenter und fossiler Eischalen bei Voegeln und Reptilien. *Biomineralisation*, 1, 1—66.

Kolesnikov, Ch. M. and A. V. Sochava, 1972: Paleobiochemical study of eggshell of the Cretaceous dinosaurs from Gobi. *Palaeontological Journal*, 2, 101—112.

Krampitz, G., H. K. Erben, und K. Kriesten, 1972: Uber Aminosäurenzusammensetzung und Struktur von Eischalen. *Biomineralisation*, 4, 87—99.

Krampitz, G., K. Kriesten, und R. Faust, 1974: Uber die Aminosäuren-Zusammensetzung morphologischer Eischalen Fraktionen von Ratitae. *Biomineralisation*, 7, 1—13.

A NEW STRUCTURAL TYPE OF THE DINOSAUR EGGS FROM ANLU COUNTY, HUBEI PROVINCE

Zhao Zikui

(Institute of Vertebrate Paleontology and Palcoanthropology, Academia Sinica)

Li Zuocong

(South China Sea Branch of State Oceanic Administration)

Key words Anlu Hubei; Late Cretaceous; Dinosaur eggs

Summary

Eleven nearly complete dinosaur eggs were collected from the Upper Cretaceous Gong-An-Zhai Formation, Anlu County, Habei Province in 1981. All these eggs represent certainly a new form of the dinosaur eggs unknown before. The present paper describes and illustrates these fossil eggs by polarizing light microscopy and scanning electron microscopy.

Description

Dendroolithidae fam. nov.

Dendroolithus gen. nov.

Dendroolithus wangdianensis sp. nov.

Holotype Six complete eggs.

Referred specimens Five completely preserved eggs.

Locality and horizon Wangdian village, Heshui, Anlu County, Hubei Province. Upper Cretaceous, Gong-An-Zhai Formation.

Description The fossil eggs are well preserved. We consider that they all belong to a single form mainly according to their size, shape and the microstructure of the eggshell. Although the eggs have slightly been compressed, their size and chape can be recognized. The shape of egg is oval in outline but obtuse at one end and slightly pointed at the other. The measurements are showing in Table 1. Their long diameter varies between 145 to 162 mm; the biggest equatorial diameter, 110 to 130 mm and the shape index, 70.5 to 84.5. The shell thickness varies from 1.70 to 2.10 mm.

Examination of the inner surface of the eggshell under the SEM shows that there are remanats of organic membrane and of organic fibres belonging probably to eggshell membrane (Plate I, 2, 3; Plate II, 5). The fibres may have a smooth surface, which are variable in size, measuring from 1.5 to 20 μm. The thick fibres consist of fibres of smaller diameter joined together to give a ribbon-like or rod-like form.

The calcified eggshell consists of cone layer and columnar layer. The thickness of the cone layer viaries between 0.5—0.6 mm, approximately one-third of that of the entire eggshell. The shape of the cone is apparently irregular in radial or tangential section through the cone layer, and the inter-cone spaces are well-developed. Radial section also reveals the junctions

of the spherulitic crystals radiating outward from the center of the mammilla (Plate II, 4).

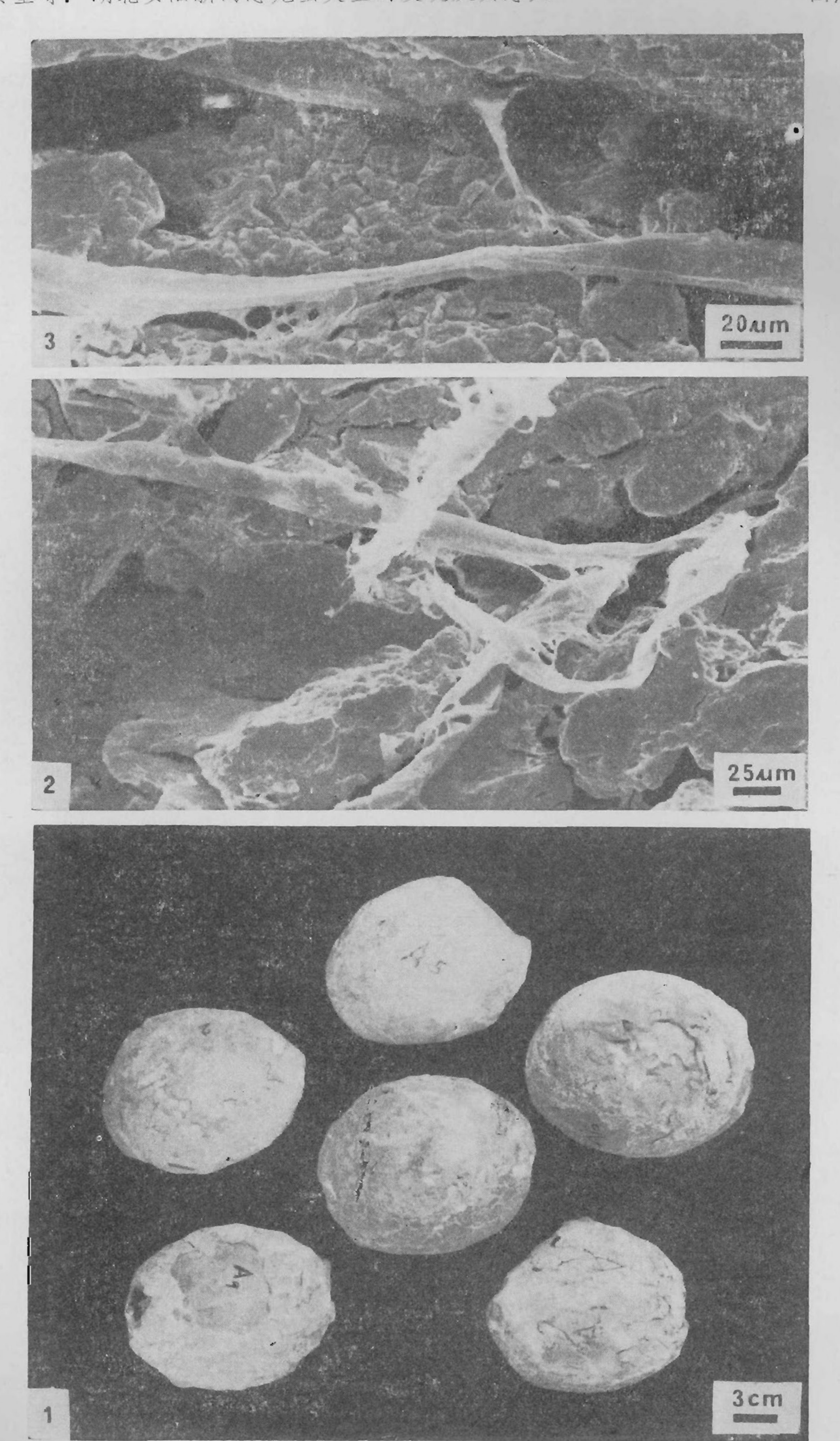
The transition between cone layer and columna layer is gradual, and probably the line of demarcation is quite arbitrary. The columnar layer accounts for about two-thirds of the thickness of the calcified eggshell, and is responsible for the main strength of the shell. Scanning electron micrograph of the radial view of the eggshell revealed that it is composed of branching crystals (Plate II, 4). They grow and branch to the sides and toward the outside of the eggshell from the irregular cones. The branching crystals are laterally interlocking, with some tendency to fusion near the outer surface of the eggshell. Polarized light revealed cross-shaped interference patterns corresponding to individual crystal columns.

The pore canal originating between inter-cone spaces is branched in the columnar layer, and is rather irregular with a varying diameter. Most of them terminated immediately beneath the outer surface of the shell. These vented to the surface via multi-branched pore canals. Comparative counts of pores in different level of tangential sections may reveal a considerable variation and a varied correlation in the number of pores (Table 3). The numbers of the pores at the surface of the shell are greatly reduced e.g. reductions to zero and 1—4 pores per square millimeter. This shows that the pore canals connected each other in the columnar layer thus forming a labyrinth.

Secondary mineralization of the eggshell took place during the fossilization, so that the pore canals are entirely choked with calcite.

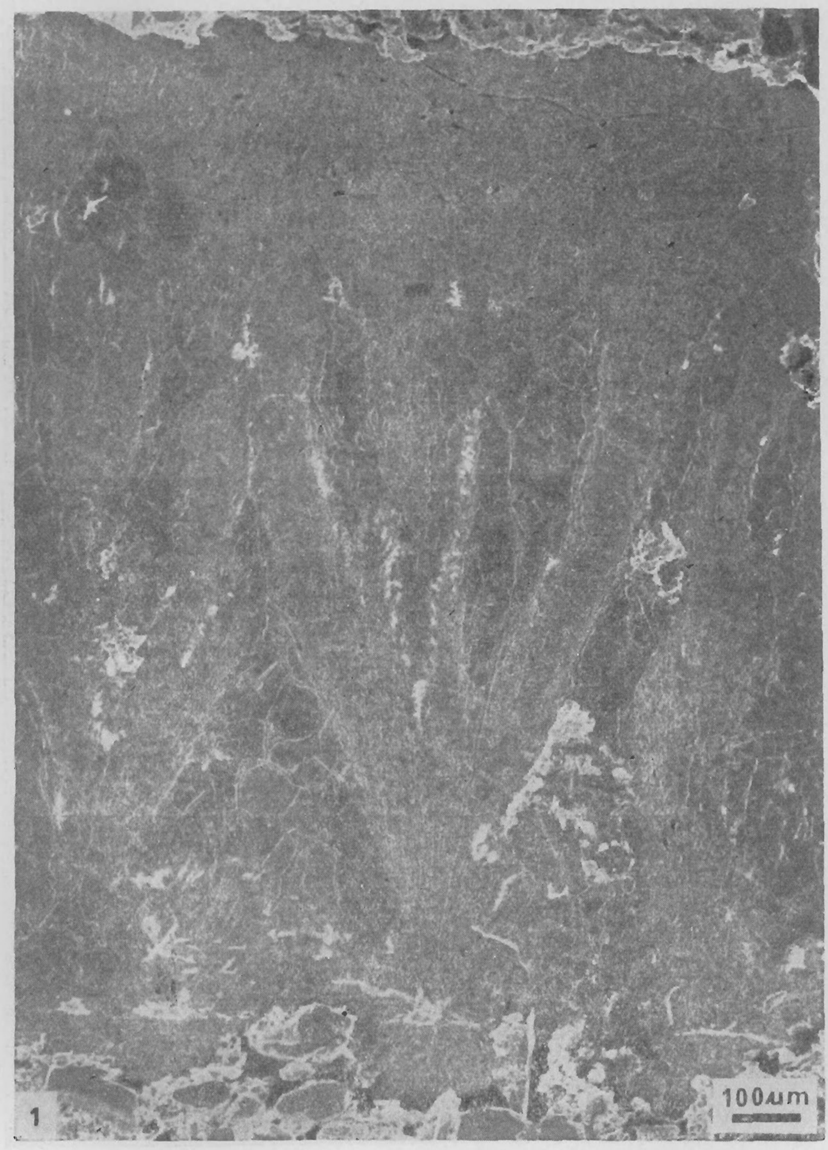
On the basis of the foregoing results, the diagnosis of *Dendroolithus* is summarized as follows: The shape of egg is oval. The basic structural unit of the eggshell consists of irregular cone and branching column. And near the outer surface of the eggshell the columns are laterally interlocked. The pore canals are extensively branched, and most of them terminated immediately beneath the outer surface of the eggshell.

By comparing with the dinosaur eggs discovered in China, it is obvious that the *Dendroolithus* differs greatly from those of Elongatoolithidae, Spheroolithidae and Faveoloolithidae (Zhao, 1975, 1979a, 1979b; Zhao and Ding, 1976). Therefore, *Dendroolithus* is considered to be a new genus of the dinosaur eggs, and it may represent a new family, Dendroolithidae.



1．王店树枝蛋 (*Dendroolithus wangdianensis*)
6 个完整蛋化石 Six complete fossil eggs;
2—3．卵壳膜纤维化石
Remnants of the eggshell membrane attached
to inner surface of the eggshell





1. 蛋壳径切面
Radial view of the eggshell;
2. 卵壳膜纤维化石
A thicker fibre consisting of thinner fibres